

Process for checking the operability of an exhaust gas purification catalyst

Patent number: DE10013893

Publication date: 2001-09-27

Inventor: KLEIN HARALD (DE); KREUZER THOMAS (DE); LOX EGBERT (DE); GIESHOFF JUERGEN (DE); NEUHAUSEN ULRICH (DE)

Applicant: DMC2 DEGUSSA METALS CATALYSTS (DE)

Classification: F01N11/00

- international: F01N11/00; F01N11/00B; F01N11/00B1

Application number: DE20001013893 20000321

Priority number(s): DE20001013893 20000321

Also published as:

EP1136671 (A1)
US6739176 (B2)
US2001033815 (A1)
JP2001336415 (A)
CA2341065 (A1)
EP1136671 (B1)

less <<

Abstract not available for DE10013893

Abstract of corresponding document: **US2001033815**

A process for checking the operability of an exhaust gas purification catalyst for diesel engines, which has a light-off temperature and a degree of conversion rCO for carbon monoxide (CO), by direct measurement of the carbon monoxide concentration in combination with a temperature measurement. To evaluate the remaining catalytic activity of the catalyst the difference DELTAT between the current catalyst exit temperature TE of the exhaust gas and the light-off temperature TCO,50%,fresh of the fresh catalyst for carbon monoxide stored as a function of the speed and load $\Delta T = TE - TCO,50\%,fresh$ is determined and the degree of conversion rCO for carbon monoxide is ascertained.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



(19) BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND

DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT(12) **Offenlegungsschrift**
(10) **DE 100 13 893 A 1**(51) Int. Cl.⁷:**F 01 N 11/00**

(21) Aktenzeichen: 100 13 893.4
 (22) Anmeldetag: 21. 3. 2000
 (43) Offenlegungstag: 27. 9. 2001

DE 100 13 893 A 1

(71) Anmelder:

dmc2 Degussa Metals Catalysts Cerdec AG, 60311
Frankfurt, DE

(72) Erfinder:

Neuhausen, Ulrich, Dr., 63796 Kahl, DE; Klein,
Harald, Dr., 63856 Bessenbach, DE; Lox, Egbert, Dr.,
63457 Hanau, DE; Gieshoff, Jürgen, Dr., 63599
Biebergemünd, DE; Kreuzer, Thomas, Dr., 61184
Karben, DE**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Verfahren zur Überprüfung der Funktionstüchtigkeit eines Abgasreinigungskatalysators

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Überprüfung der Funktionstüchtigkeit eines Abgasreinigungskatalysators für Dieselmotoren, welcher eine Anspringtemperatur und einen Umsetzungsgrad r_{CO} für Kohlenmonoxid (CO) aufweist, durch direkte Messung der Kohlenmonoxidkonzentration in Kombination mit einer Temperaturmessung. Das Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, dass zur Beurteilung der verbleibenen katalytischen Aktivität des Katalysators die Differenz ΔT zwischen der aktuellen Katalysatoraustrittstemperatur T_A des Abgases und der als Funktion von Drehzahl und Last gespeicherten Anspringtemperatur $T_{CO,50\%,frisch}$ des frischen Katalysators für Kohlenmonoxid

$\Delta T = T_A - T_{CO,50\%,frisch}$
bestimmt wird und der Umsetzungsgrad r_{CO} für Kohlenmonoxid ermittelt wird.

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Überprüfung der Funktionstüchtigkeit eines Katalysators für die Reinigung der Abgase eines Verbrennungsmotors. Besonders eignet sich das Verfahren für die Überwachung eines Dieseloxidationskatalysators. Die Funktionstüchtigkeit des Katalysators wird erfahrungsgemäß durch Messen des Umsatzes von Kohlenmonoxid in Kombination mit einer Temperaturnmessung überwacht. Das Verfahren eignet sich auch für die Überwachung der Funktionstüchtigkeit von Katalysatoren für das HC-DeNO_x- und das Harnstoff-SCR-Verfahren sowie für NO_x-Adsorber-Katalysatoren.

Für Kraftfahrzeuge mit Benzinmotor ist es Pflicht, das Funktionieren aller abgasrelevanten Bauteile des Abgassystems während des Fahrzeugbetriebes durch ein On-Board-Diagnosesystem (OBD-System) zu überwachen. Fehlfunktionen eines oder mehrerer Bauteile des Abgassystems werden durch das Aufleuchten einer Warnlampe signalisiert. Bei Fahrzeugen, die mit einem katalytischen Konverter zur Abgasnachbehandlung ausgerüstet sind, muß auch die Funktionsfähigkeit des Konverters durch das OBD-System überwacht werden.

Zukünftig wird es nötig werden, auch Dieselkraftfahrzeuge mit einem OBD-System auszurüsten. Neben der Abgasrückführung und dem Auspuffsystem wird das OBD-System auch die Überwachung von Dieselpartikelfiltern und insbesondere von Dieseloxidationskatalysatoren einschließen. Bei Fahrzeugen mit Benzinmotoren wird zur Überwachung von Dreiweg-Katalysatoren ein indirektes OBD-Verfahren eingesetzt, bei welchem die Sauerstoffspeicherfähigkeit des Katalysators gemessen und bewertet wird. Dieses Verfahren ist bei Dieselmotoren nicht anwendbar, da diese immer mit Sauerstoffüberschuss, das heißt mit einem magren Luft/Kraftstoffgemisch, betrieben werden.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Verfahren zur Überprüfung der Funktionstüchtigkeit eines Abgasreinigungskatalysators anzugeben, welches auch für die Überprüfung der Funktion von Oxidationskatalysatoren für Dieselmotoren geeignet ist und die Bestimmung der Katalysatoraktivität direkt über die Messung der Umsetzung von Kohlenmonoxid (CO) gestattet.

Das in dieser Erfindung beschriebene Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, dass der Verbrennungsmotor mit einer elektronischen Steuerung aus Motorelektronik und OBD-Elektronik ausgerüstet ist und zur Beurteilung der verbliebenen katalytischen Aktivität des Katalysators die Differenz ΔT der aktuellen Katalysatoraustrittstemperatur des Abgases T_A zur Anspringtemperatur für Kohlenmonoxid $T_{CO,50\%,frisch}$ des frischen Katalysators im jeweiligen Motorbetriebspunkt

$$\Delta T = T_A - T_{CO,50\%,frisch} \quad (1)$$

bestimmt und der Umsetzungsgrad r_{CO} für Kohlenmonoxid ermittelt werden.

Unter der Anspringtemperatur für die Kohlenmonoxid-oxidation wird im Rahmen dieser Erfindung diejenige Temperatur $T_{CO,50\%}$ verstanden, bei der Kohlenmonoxid gerade zu 50% umgesetzt wird.

Erfahrungsgemäß wird also die nach einer gewissen Betriebsdauer noch verbliebene katalytische Aktivität des Katalysators direkt beurteilt. Als charakteristische Größen hierfür dienen der Umsetzungsgrad r_{CO} für Kohlenmonoxid, die aktuelle Katalysatoraustrittstemperatur des Abgases T_A und die Frischanspringtemperatur für CO, $T_{CO,50\%,frisch}$, die eine Funktion der Drehzahl und der Last ist und in der OBD-Elektronik vorab abgespeichert werden kann.

Der Umsatzgrad r_{CO} für Kohlenmonoxid kann nach folgender Beziehung bestimmt werden

$$r_{CO} = 1 - \frac{c_{CO,2}}{c_{CO,1}}, \quad (2)$$

wobei $c_{CO,2}$ die gemessene Konzentration von Kohlenmonoxid im Abgas hinter dem Katalysator und $c_{CO,1}$ die gemessene Konzentration von Kohlenmonoxid im Abgas vor dem Katalysator ist.

Alternativ besteht die Möglichkeit, den Umsatzgrad r_{CO} für Kohlenmonoxid gemäß folgender Beziehung zu bestimmen

$$r_{CO} = 1 - \frac{c_{CO,2}}{c_{CO,Motor}}, \quad (3)$$

wobei $c_{CO,2}$ die gemessene Konzentration von Kohlenmonoxid im Abgas hinter dem Katalysator und $c_{CO,Motor}$ die in der OBD-Elektronik als Kennfeld abgespeicherte Kohlenmonoxidkonzentration für den aktuellen Motorbetriebspunkt ist.

In beiden Fällen kann die Messung der Kohlenmonoxidkonzentrationen mit Hilfe von Kohlenmonoxidsensoren erfolgen.

Die Erfindung wird nur an Hand der Fig. 1 bis 6 näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1 Temperaturabhängigkeit der Schadstoffumsetzung eines frischen Katalysators für die im Abgas eines Dieselmotors enthaltenen Kohlenwasserstoffe (HC), Stickoxide (NOx) und Kohlenmonoxid (CO)

Fig. 2 Temperaturabhängigkeit der Schadstoffumsetzung eines gealterten Katalysators für die im Abgas eines Dieselmotors enthaltenen Kohlenwasserstoffe (HC), Stickoxide (NOx) und Kohlenmonoxid (CO)

Fig. 3 CO-Emissionen während eines MVEG-A/2 Fahrzyklusses in Abhängigkeit von der Anspringtemperatur des Katalysators für Kohlenmonoxid

Fig. 4 HC-Emissionen während eines MVEG-A/2 Fahrzyklusses in Abhängigkeit von der Anspringtemperatur des Katalysators für Kohlenwasserstoffe

Fig. 5 Aufbau eines Abgasreinigungssystems für die Durchführung des erfahrungsgemäßen Verfahrens

Fig. 6 Flußdiagramm für das erfahrungsgemäße Verfahren

Die Schadstoffumsetzung eines Katalysators ist, bis zu einem Maximum, von seiner Temperatur abhängig. Dabei zeigt ein Katalysator für jeden der drei gasförmigen Hauptschadstoffe CO, HC (Kohlenwasserstoffe) und NOx (Stickoxide) einen anderen Temperaturverlauf der Schadstoffumsetzung. In Fig. 1 sind als Beispiel die Konvertierungsgrade für CO, HC und NOx eines frischen Dieseloxidationskatalysators in Abhängigkeit von der Abgastemperatur vor dem Katalysator dargestellt.

Für Kohlenmonoxid und die Kohlenwasserstoffe steigt die Umsetzung in einem schmalen Temperaturbereich um die betreffende Anspringtemperatur $T_{CO,50\%}$, beziehungsweise $T_{HC,50\%}$ stark an und nähert sich dann dem maximalen Umsetzungsgrad. Bei Dieseloxidationskatalysatoren liegt die Umsetzung für Stickoxide bei tiefen Temperaturen nahe bei Null. Sie erreicht im Bereich der Anspringtemperatur für Kohlenwasserstoffe $T_{HC,50\%}$ ein Maximum und fällt bei hohen Katalysatortemperaturen wieder bis nahe auf Null ab.

Mit zunehmender Gebrauchszeit des Katalysators vermindert sich seine katalytische Aktivität durch thermische Überbelastungen und Vergiftung zum Beispiel durch Schwefel-, Phosphor- und Schwermetallverbindungen im Abgas, die entweder aus den verwendeten Kraft- und

Schmierstoffen stammen oder auf Abrieb im Motor zurückgehen. Die Alterung des Katalysators äußert sich durch eine schlechende Erhöhung seiner Anspringtemperaturen und bei fortschreitender Schädigung zusätzlich durch eine Veränderung der maximalen Umsetzungen bei hohen Temperaturen. In Fig. 2 sind als Beispiel die Umsatzkurven eines durch Dauerbetrieb gealterten Dieseloxydationskatalysators dargestellt.

Als besonders kritisch gegenüber Alterungseffekten bei Dieseloxydationskatalysatoren hat sich die CO-Oxidation erwiesen (Fig. 2). Die Beurteilung von Katalysatoren über die CO-Oxidationsfähigkeit ist deshalb so gut geeignet für Dieselanwendungen, weil derzeitige (Dieseloxydationskatalysator) und zukünftige Dieselabgasnachbehandlungssysteme (HC-DeNO_x, NO_x-Adsorber, Harnstoff-SCR) weitgehend auf Platin als katalytisch aktives Material beruhen. Die Aktivität der Platin-Katalysatoren hängt in allen Fällen sehr stark von der Platinpartikelgröße ab. Die Aktivitätsverschlechterung der Katalysatoren nach Alterung ist auf eine Vergrößerung der katalytisch aktiven Platinpartikel und den einhergehenden Verlust an katalytisch wirksamer Oberfläche zurückzuführen. Die CO-Oxidation ist die Reaktion, die diese Veränderungen sehr genau erfasst. Wählt man die Temperaturdifferenz ΔT von Gleichung (1) groß genug um eine Fehldiagnose auszuschließen, ist die Verschlechterung der Kohlenmonoxidoxidationsfähigkeit und damit der Anstieg der Anspringtemperatur $T_{CO,50\%}$ für Kohlenmonoxid ein universelles Mittel zur Aktivitätsbestimmung von Diesekatalysatoren.

Weiterhin hat die Wahl von CO als Indikator-Schadstoff für die On-Board-Diagnose gegenüber HC den Vorteil, dass es sich um eine klar definierte, chemische Verbindung handelt, die bei allen Motorbetriebspunkten identisch ist. Bei HC handelt es sich um ein Stoffgemisch, wobei dessen Zusammensetzung vom Motorbetriebspunkt abhängig ist. Eine exakte messtechnische Erfassung ist somit im Vergleich zu CO komplizierter. Ein weiterer Vorteil von CO als Indikator-Schadstoff gegenüber HC liegt in der Unterschiedlichen Definition der Emissionsgrenzwerte gemäß der europäischen Emissionsgesetzgebung begründet. Während es für CO, NO_x und Partikel separate Grenzwerte gibt, sind die Grenzwerte für HC nur für die Summe aus HC und NO_x definiert. Daher hängen die tolerierbaren HC-Emissionen von den aktuellen NO_x-Emissionen ab. Die Wahl von HC als alleiniger Indikator-Schadstoff ist daher ungünstig.

Die Kohlenmonoxidkonzentration $c_{CO,2}$ im Abgas hinter dem Katalysator wird erfahrungsgemäß durch einen hinter dem Konverter in den Abgasstrang eingebauten Kohlenmonoxid-Sensor bestimmt.

Die Kohlenmonoxidkonzentration $c_{CO,1}$ vor dem Katalysator kann ebenfalls direkt mit einem Kohlenmonoxid-Sensor gemessen oder aus den zuvor in der OBD-Elektronik für jeden Motorbetriebspunkt als Kennfeld abgespeicherten Werten entnommen werden. Zu diesem Zweck werden die Rohemissionen des verwendeten Motortyps vorab für alle Motorbetriebspunkte bestimmt und als Konzentrationswerte als Funktion von Drehzahl und Last in der OBD-Elektronik abgespeichert. Die aus dem Speicher der OBD-Elektronik entnommenen Konzentrationswerte, die den Rohemissionswerten des Motors entsprechen, werden im folgenden mit $c_{CO,Motor}$ bezeichnet. Der Umsetzungsgrad des Schadstoffes berechnet sich also in diesem Fall gemäß Gleichung (3).

Im Fahrzeugbetrieb werden die Motorbetriebsdaten, das heißt der bei der Messung und Berechnung vorliegende Betriebspunkt, kontinuierlich von der Motor-ECU an die OBD-Elektronik übermittelt.

Erfahrungsgemäß wird zur Beurteilung des Zustandes des Katalysators die aktuelle Abgastemperatur T_A hinter dem

Katalysator durch einen Temperatursensor gemessen und der Umsetzungsgrad r_{CO} für Kohlenmonoxid für die entsprechende Temperatur ermittelt. Die Ermittlung von r_{CO} nach Gleichung (3) aus $c_{CO,2}$ und den als Kennfeld abgespeicherten Daten $c_{CO,Motor}$ hat hier gegenüber der Messung beider Konzentrationswerte neben den günstigen Kosten den Vorteil, dass nicht der Quotient zweier sehr unterschiedlich großer Sensorsignale gebildet werden muss. Hinzu kommt, dass bei Verwendung von zwei Sensoren der Sensor vor dem Katalysator ständig einer anderen Gasatmosphäre ausgesetzt ist wie der Sensor hinter dem Katalysator, was zu einer unterschiedlichen Alterung der Sensoren führen würde, die bei der Berechnung des Umsetzungsgrades berücksichtigt werden müsste.

Die Temperaturmessung erfolgt hinter dem Katalysator, um im dynamischen Fahrbetrieb zu gewährleisten, dass die gemessene Abgastemperatur der tatsächlichen Katalysator-temperatur entspricht. Dies wäre bei Messung der Abgastemperatur vor dem Katalysator aufgrund seiner thermischen Trägheit beim Kaltstart und bei schnellen Lastwechseln nicht gewährleistet.

Für die Beurteilung des Katalysators ist nicht die absolute Höhe seiner Temperatur entscheidend, sondern die Differenz ΔT zwischen der aktuellen Katalysatoraustrittstemperatur und der CO-Anspringtemperatur des frischen Katalysators $\Delta T = T_A - T_{CO,50\%,frisch}$. Die Anspringtemperatur $T_{CO,50\%,frisch}$ ist eine Funktion aller Schadstoffkonzentrationen, das heißt der Rohemissionen des Motors, und der Raumgeschwindigkeit im katalytischen Konverter. Die Rohemissionen des Motors und die Raumgeschwindigkeit innerhalb des Konverters sind Funktionen von Last und Drehzahl. Die Anspringtemperaturen $T_{CO,50\%,frisch}$ für alle Motorbetriebspunkte werden daher als Funktion von Last und Drehzahl in der OBD-Elektronik als Kennfeld abgespeichert.

Eine Fehlfunktion des Katalysators liegt vor, wenn die beiden folgenden Bedingungen gleichzeitig erfüllt sind:

1. ΔT ist positiv und größer als ein für den betreffenden Motor- und Katalysatortyp festzulegender Grenzwert der Temperaturdifferenz ΔT_G , das heißt die aktuelle Abgastemperatur T_A liegt um mehr als diesen Grenzwert über der Anspringtemperatur für CO des frischen Katalysators $T_{CO,50\%,frisch}$:

$$T_A > T_{CO,50\%,frisch} + \Delta T_G \quad (4)$$

2. der Umsetzungsgrad r_{CO} für Kohlenmonoxid liegt unter einem für Motor- und Katalysatortyp festzulegenden Grenzumsetzungsgrad $r_{CO,G}$:

$$r_{CO} < r_{CO,G} \quad (5)$$

Der Grenzumsetzungsgrad $r_{CO,G}$ kann beispielsweise 50% betragen.

Die Registrierung einer einzelnen Fehlfunktion reicht aber für die Feststellung einer dauerhaften Schädigung des Katalysators noch nicht aus. Da der Austausch eines Katalysators für den Halter des Fahrzeugs mit hohen Kosten verbunden ist, muss eine voreilige Einstufung des Katalysators als schwerwiegend geschädigt so weit wie möglich vermieden werden.

Der Katalysator wird daher erst dann als dauerhaft geschädigt beurteilt, wenn für mehrere Betriebspunkte des Motors eine Fehlfunktion festgestellt wird. In der Motorsteuerung sind in der Regel Kennfelder mit den Betriebsdaten des Motors für ein Raster von diskreten Betriebspunkten

permanent abgespeichert. Nicht alle diese Betriebspunkte eignen sich gleich gut für die Beurteilung der Funktionsfähigkeit des Katalysators. So sind zum Beispiel Betriebspunkte mit hohen Abgastemperaturen ungeeignet, da auch ein geschädigter Katalysator bei hohen Abgastemperaturen noch gute Umsätze für Kohlenmonoxid liefern kann. Für die Beurteilung des Katalysators wird daher bevorzugt nur eine Auswahl aus den möglichen Betriebspunkten herangezogen, die besonders kritisch sind. Die Anzahl der für die Beurteilung des Katalysators ausgewählten Betriebspunkte wird im folgenden mit n_A bezeichnet. Für die ausgewählten Betriebspunkte werden in der OBD-Elektronik Kennfelder mit den jeweiligen Anspringtemperaturen $T_{CO,50\%,frisch}$ für Kohlenmonoxid für den frischen Katalysator abgespeichert.

Der Katalysator gilt dann als schwerwiegend geschädigt, wenn für eine bestimmte Anzahl n_F der ausgewählten Betriebspunkte eine Fehlfunktion festgestellt wird. Die Betriebspunkte, für die eine Fehlfunktion ermittelt wird und deren Anzahl können über mehrere Fahrzyklen hinweg gespeichert und aufsummiert werden. Erst wenn die Anzahl n_F von Betriebspunkten mit Fehlfunktionen überschritten wird, wird ein Signal zum Auswechseln des Katalysators gesetzt.

Eine weitere Absicherung gegenüber einer voreiligen Einstufung des Katalysators als geschädigt kann gewonnen werden, wenn festgelegt wird, dass die Anzahl n_F von Betriebspunkten mit Fehlfunktionen des Katalysators innerhalb eines vorzugebenden Zeitintervalls Δt_F anfallen muss.

Die zulässige Anzahl n_F von Betriebspunkten mit einer Fehlfunktion des Katalysators, die Zahl der ausgewählten Betriebspunkte n_A und deren Lage, das Zeitintervall Δt_F sowie die Größe der Parameter ΔT_G und $r_{CO,G}$ richten sich neben dem Motor- und Katalysatortyp auch nach den OBD-Gesetzgebungsregelungen. Erfindungsgemäß ist es möglich, die Parameter ΔT_G und $r_{CO,G}$ nicht als konstante Werte festzuschreiben, sondern diese als Funktion von Last und Drehzahl in der OBD-Elektronik als Kennfeld abzulegen.

In Fig. 3 sind als Beispiel die typischen, gemessenen Kohlenmonoxidemissionen eines Fahrzeugs während eines definierten Fahrzyklus (MVEG-A/2) als Funktion der gemessenen CO-Anspringtemperatur $T_{CO,50\%}$ eines Dieseloxidationskatalysators bei verschiedenen Alterungsstufen im Dauerbetrieb angegeben. In der Emissionsgesetzgebung werden maximale Emissionen innerhalb eines Fahrzyklus vorgeschrieben. In Europa beträgt die maximal zulässige Emission von CO im MVEG-A/2 Zyklus ab dem Jahr 2005 (EU IV-Standard) 0,5 g/km. Durch die Alterung des Katalysators steigt die Anspringtemperatur $T_{CO,50\%,frisch}$ des Katalysators, womit ein Anstieg der Emissionen im Fahrzyklus korreliert ist. Nach einer Fahrleistung von 40.000 km werden für das in Fig. 3 gezeigte Beispiel die EU IV-Grenzwerte nicht mehr erfüllt. Der Grenzwert ΔT_G der Temperaturdifferenz ΔT kann nun so gewählt werden, dass der Katalysator nach obigen Bedingungen genau dann als schwerwiegend geschädigt gilt, wenn die gesetzlichen Emissionsgrenzwerte überschritten werden. Alternativ können statt der Emissionsgrenzwerte auch vom Gesetzgeber zu definierende OBD-Grenzwerte verwendet werden.

Die in Fig. 3 als Beispiel gezeigte Kurve variiert je nach Katalysatorauslegung, Fahrverhalten, Fahrzeugtyp und Motortyp. Durch Variation des Grenzwertes ΔT_G der Temperaturdifferenz ΔT kann das hier vorgestellte OBD-Verfahren allen Fahrzeugtypen, Motortypen und Gesetzgebungsregelungen angepasst werden.

Fig. 4 zeigt das zu Fig. 3 entsprechende Diagramm für das am selben Fahrzeug unter identischen Messbedingungen aufgenommene Verhalten der Kohlenwasserstoffemissionen bei gleicher Alterungsprozedur. Da in der europäischen Gesetzgebung kein fester Grenzwert für HC-Emissionen vor-

gegeben ist, sondern statt dessen zwei Grenzwerte jeweils für die Summe der NO_x - und HC-Emissionen und für die NO_x -Emissionen, ist in Fig. 4 als Grenzlinie für die HC-Emissionen die Differenz dieser beiden Grenzwerte eingezeichnet. Fig. 4 zeigt, dass die HC-Anspringtemperatur $T_{HC,50\%}$ des Katalysators bei Alterung im Dauerbetrieb nicht in dem Maße steigt wie die CO-Anspringtemperatur $T_{CO,50\%}$. Weiterhin ist der Anstieg der HC-Anspringtemperatur $T_{HC,50\%}$ nicht in dem Maße mit einem Anstieg der Emissionen verbunden wie dies bei Kohlenmonoxid der Fall ist; so wird beispielsweise selbst die Differenz der beiden Grenzwerte für HC + NOx und NOx auch nach einem Fahrzeugdauerbetrieb über 40.000 km nicht überschritten. Erfindungsgemäß wird zur Katalysatorprüfung daher CO als Indikatorsschadstoff gewählt.

Sind die obigen Bedingungen 1 und 2 innerhalb des Zeitintervalls Δt_F an den definierten Betriebspunkten erfüllt, und gilt der Katalysator somit als schwerwiegend geschädigt, kann dem Fahrer ein Signal als Fehlermeldung für den geschädigten Katalysator gegeben werden. Zusätzlich kann die Fehlerdiagnose, das heißt der Zeitpunkt des Fehlerauftretens und die zugehörigen Motorbetriebspunkte in der OBD-Elektronik gespeichert werden. Das einzelne, gleichzeitige Erfüllen beider Bedingungen 1 und 2 über ein größeres Zeitintervall als Δt_F oder bei einer geringeren Anzahl an Betriebspunkten als n_F also bei nicht vorliegender schwerwiegender Schädigung, kann für spätere Werkstattdiagnosen ebenfalls in der OBD-Elektronik abgespeichert werden, ohne dass dem Fahrer ein Fehlersignal übermittelt wird.

Zur weiteren Erläuterung der Erfindung dient Fig. 5. Sie zeigt ein Blockschaltbild für die Durchführung des vorgeschlagenen Verfahrens. Bezugsziffer (1) bezeichnet den Dieselmotor bei dem die Kraftstoffeinleitung durch ein Injektorsystem (2) erfolgt. Die eingespritzte Kraftstoffmenge wird durch geeignete Sensoren (3) gemessen und an die Motorelektronik (4), die über einen Datenport (I/O), einen Prozessor (CPU) und einen Speicher (RAM) verfügt, übermittelt. Die Motorelektronik erhält außerdem durch ein geeignetes Sensorsystem (5) ständig Information über die aktuelle Motordrehzahl, so dass aus der Kraftstoffeinspritzmenge und der Drehzahl durch Vergleich mit einem in der Motorelektronik abgespeicherten Kennfeld die Last errechnet werden kann. Diese aus Last und Drehzahl bestehenden Betriebspunktinformationen werden an die OBD-Elektronik (6), die ebenfalls über Datenport (I/O), Prozessor (CPU) und Speicher (RAM) verfügt, weitergeleitet. Das Abgas des Motors wird über die Abgasleitung (7) zum Abgasreinigungs- konverter (8), in dem ein geeigneter Katalysator angeordnet ist, geleitet. Die Bezugsziffern (9) und (10) bezeichnen die Sensoren für Kohlenmonoxid, dessen Konzentration vor und hinter dem Katalysator zur Ermittlung des Umsetzungsgrades gemessen wird, wobei der Sensor (9) abhängig von der Ausführungsform des Verfahrens optional ist. (11) bezeichnet einen Temperaturfühler der in unmittelbarer räumlicher Nähe zum Sensor (10) im Abgasstrang angeordnet ist. Die Signale der CO-Sensoren (9) und (10) und die des Temperaturfühlers (11) werden an die OBD-Elektronik (6) weitergeleitet. Die OBD-Elektronik erhält über weitere Sensoren und Signalleitungen (12) Informationen über alle anderen abgasrelevanten Bauteile des Motors, des Kraftstoffsystems und des Abgassystems. Anhand der Meßwerte und der zuvor beschriebenen Kriterien entscheidet die OBD-Elektronik ob der Katalysator noch eine ausreichende katalytische Aktivität aufweist oder schwerwiegend geschädigt ist und ausgewechselt werden muss. Fehlerdiagnosen werden im Speicher der OBD-Elektronik abgelegt und eine schwerwiegende Katalysatorschädigung durch eine Warnlampe (13) signalisiert.

Fig. 6 erläutert beispielhaft an Hand eines Flussdiagrammes, wie eine schwerwiegende Schädigung des Katalysators gemäß dem erfundungsgemäßen Verfahren festgestellt werden kann. Im Rahmen der Patentansprüche sind weitere Varianten dieser Vorgehensweise möglich.

Bezugsziffer (100) bezeichnet den Start des Verfahrens, welches von einem in der OBD-Elektronik gespeicherten Ablaufprogramm überwacht und gesteuert wird. In Schritt (102) werden zunächst die Zeitmessung t und die Anzahl n der abgespeicherten, Betriebspunkte mit einer Fehlfunktion des Katalysators auf Null gesetzt. In Schritt (103) wird die Zeitmessung gestartet, worauf in Schritt (104) der aktuelle Motorbetriebspunkt (BP) aus Last und Drehzahl aufgenommen wird. Es wird in Schritt (105) geprüft, ob der aktuelle Betriebspunkt ein Element aus der Menge BP_A ($BP \in BP_A$) der für die Beurteilung des Katalysators ausgewählten und in der OBD-Elektronik gespeicherten Betriebspunkte ist. Ist dies nicht der Fall, wird mit der Aufnahme eines neuen Betriebspunktes fortgefahren (104). Andernfalls wird in Schritt (106) geprüft, ob der aktuelle Betriebspunkt BP schon der Menge der bisher abgespeicherten Betriebspunkte BP_F für die eine Fehlfunktion des Katalysators festgestellt wurde, angehört oder sich davon unterscheidet. Wurde für diesen Betriebspunkt schon einmal eine Fehlfunktion festgestellt, so wird mit Schritt (104) fortgefahren. Ansonsten wird in Schritt (107) die Messung der aktuellen Abgastemperatur T_A hinter dem katalytischen Konverter vorgenommen. In Schritt (108) wird dann geprüft, ob die aktuelle Abgastemperatur T_A größer als die Summe aus der CO-Anspringtemperatur $T_{CO,50\%,frisch}$ des frischen Katalysators und dem Grenzwert der Temperaturdifferenz ΔT_G ist. Ist dies nicht der Fall, wird mit der Aufnahme eines neuen Betriebspunktes in Schritt (104) fortgefahren. Ansonsten wird in Schritt (109) die Messung der Kohlenmonoxidkonzentration vorgenommen. In Schritt (110) wird der Umsetzungsgrad r_{CO} für CO bestimmt und geprüft, ob dieser unter dem Grenzumsetzungsgrad $r_{CO,G}$ liegt. Ist dies nicht der Fall, wird ebenfalls mit der Aufnahme eines neuen Betriebspunktes in Schritt (104) fortgefahren. Andernfalls wird der aktuelle Betriebspunkt BP in Schritt (111) in der OBD-Elektronik gespeichert, das heißt er wird der Menge der Betriebspunkte BP_F hinzugefügt ($BP_F = BP_F + BP$), für die schon vorher eine Fehlfunktion des Katalysators festgestellt wurde. Außerdem wird die Anzahl n der abgespeicherten Betriebspunkte mit Fehlfunktion um eins erhöht. In Schritt (112) wird geprüft, ob die seit Schritt (103) verstrichene Zeit kleiner als das Zeitintervall Δt_F ist. Ist das Zeitintervall überschritten, wird mit Schritt (102) fortgefahren, das heißt die Zeitzählung und die abgespeicherten Betriebspunkte mit Fehlfunktion werden zurückgesetzt. Ist dagegen das Zeitintervall noch nicht überschritten, wird in Schritt (113) geprüft, ob die zulässige Anzahl n_F von Betriebspunkten mit Fehlfunktion bereits erreicht ist. Wenn dies noch nicht der Fall ist, wird mit der Aufnahme weiterer Betriebspunkte in Schritt (104) fortgefahren. Ist die zulässige Anzahl an Betriebspunkten überschritten, so wird dies in Schritt (114) in der OBD-Elektronik als schwerwiegende Schädigung des Katalysators gespeichert und in Schritt (115) ein Fehlersignal ausgegeben.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Überprüfung der Funktionstüchtigkeit eines Katalysators für die Reinigung der Abgase eines Verbrennungsmotors während des Betriebs des Motors, wobei der Katalysator eine Anspringtemperatur und einen Umsetzungsgrad r_{CO} für Kohlenmonoxid (CO) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass der

Verbrennungsmotor mit einer elektronischen Steuerung aus Motorelektronik und OBD-Elektronik ausgerüstet ist und zur Beurteilung der verbliebenen katalytischen Aktivität des Katalysators die Differenz ΔT der aktuellen Katalysatoraustrittstemperatur des Abgases T_A zur Anspringtemperatur für Kohlenmonoxid $T_{CO,50\%,frisch}$ des frischen Katalysators im jeweiligen Motorbetriebspunkt

$$\Delta T = T_A - T_{CO,50\%,frisch}$$

bestimmt und der Umsetzungsgrad r_{CO} für Kohlenmonoxid ermittelt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Umsatzgrad r_{CO} für Kohlenmonoxid ermittelt wird als

$$r_{CO} = 1 - \frac{c_{CO,2}}{c_{CO,1}},$$

wobei $c_{CO,2}$ die gemessene Konzentration von Kohlenmonoxid im Abgas hinter dem Katalysator und $c_{CO,1}$ die gemessene Konzentration von Kohlenmonoxid im Abgas vor dem Katalysator ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Umsatzgrad r_{CO} für Kohlenmonoxid ermittelt wird als

$$r_{CO} = 1 - \frac{c_{CO,2}}{c_{CO,Motor}},$$

wobei $c_{CO,2}$ die gemessene Konzentration von Kohlenmonoxid im Abgas hinter dem Katalysator und $c_{CO,Motor}$ die in der OBD-Elektronik als Kennfeld abgespeicherte Kohlenmonoxidkonzentration für den aktuellen Motorbetriebspunkt ist.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass ein Überschreiten der Temperaturdifferenz ΔT über einen Grenzwert ΔT_G an einem Betriebspunkt bei gleichzeitigem Vorliegen eines Umsetzungsgrades r_{CO} für Kohlenmonoxid unter einem Grenzwert $r_{CO,G}$ des Umsetzungsgrades für Kohlenmonoxid in der OBD-Elektronik als Fehlfunktion des Katalysators aufgezeichnet wird.

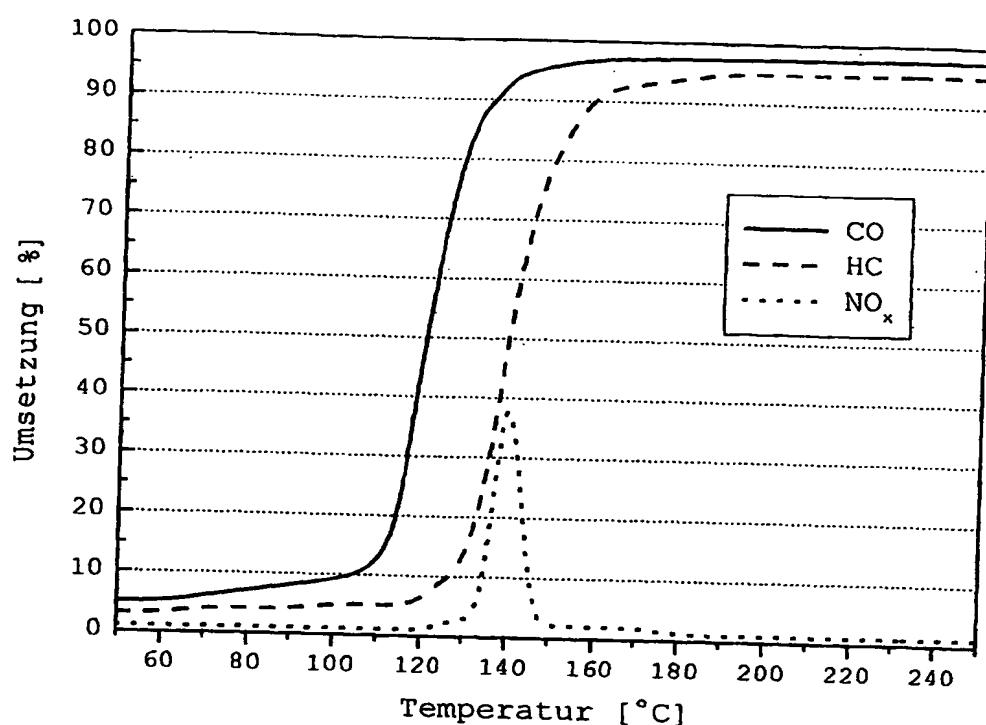
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Katalysator als schwerwiegend geschädigt eingestuft wird, wenn die Anzahl von Betriebspunkten, für die eine Fehlfunktion festgestellt wurde, eine vorgegebene, zulässige Anzahl n_F von Betriebspunkten mit einer Fehlfunktion des Katalysators überschreitet.

6. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Katalysator als schwerwiegend geschädigt eingestuft wird, wenn die Anzahl von Betriebspunkten, für die eine Fehlfunktion festgestellt wurde, eine vorgegebene, zulässige Anzahl n_F von Betriebspunkten mit einer Fehlfunktion des Katalysators in einem ebenfalls vorgegebenen Zeitintervall Δt_F überschreitet.

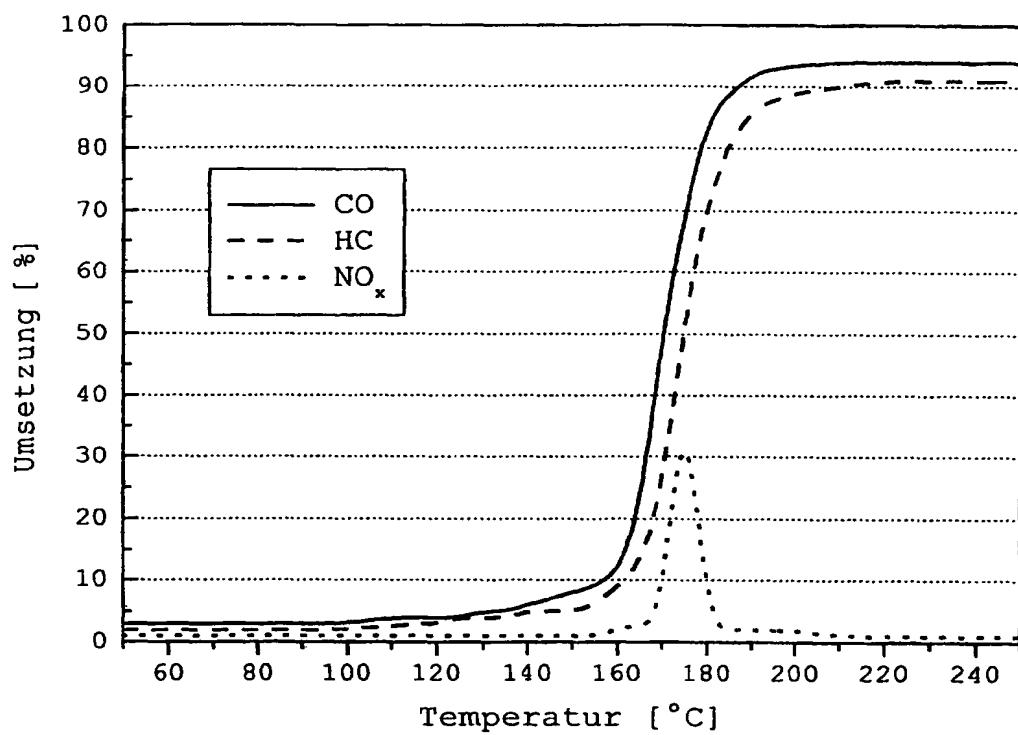
7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass bei Einstufung des Katalysators als schwerwiegend geschädigt ein Signal zum Auswechseln des Katalysators gesetzt wird.

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

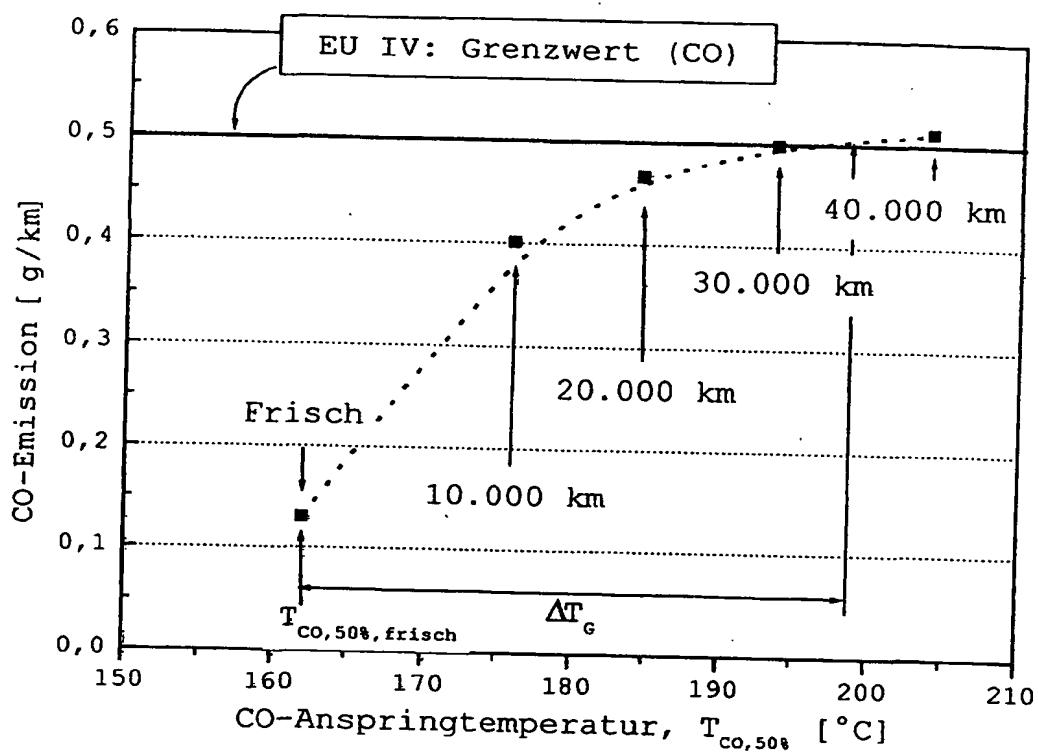
- Leerseite -



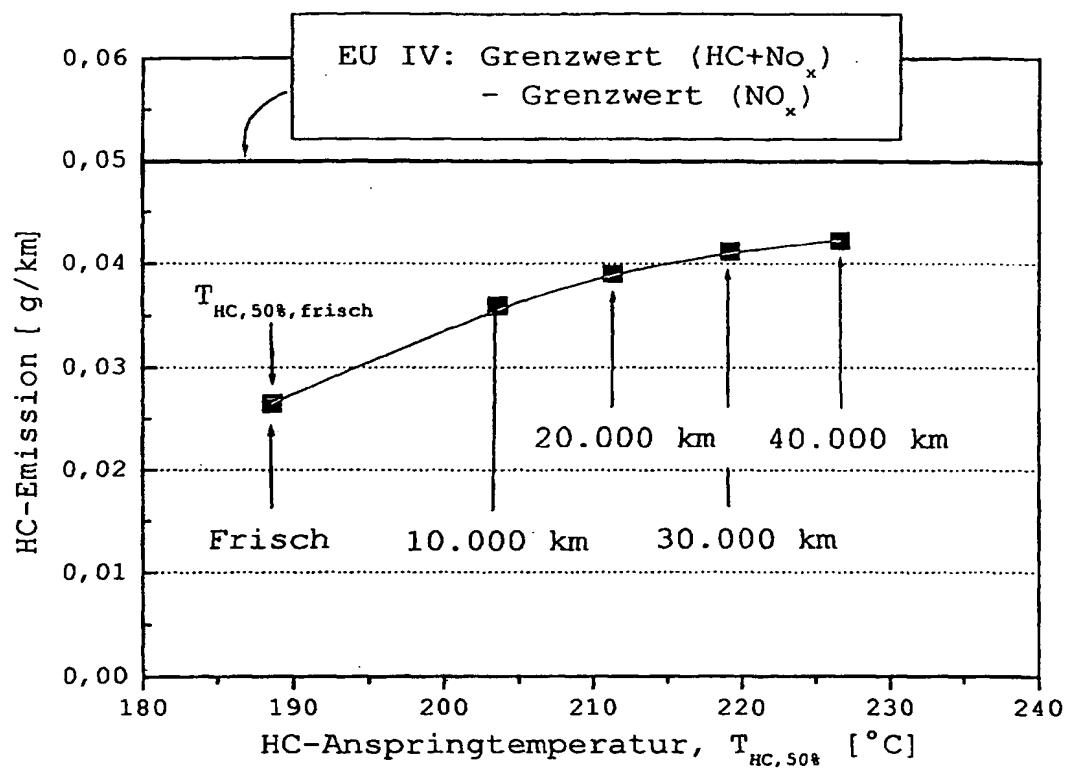
Figur 1



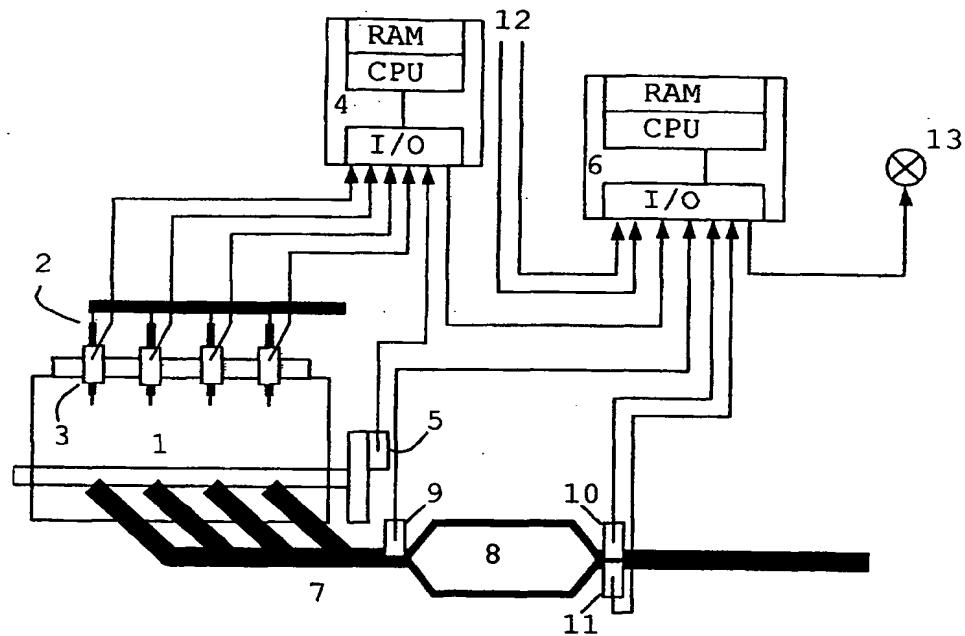
Figur 2

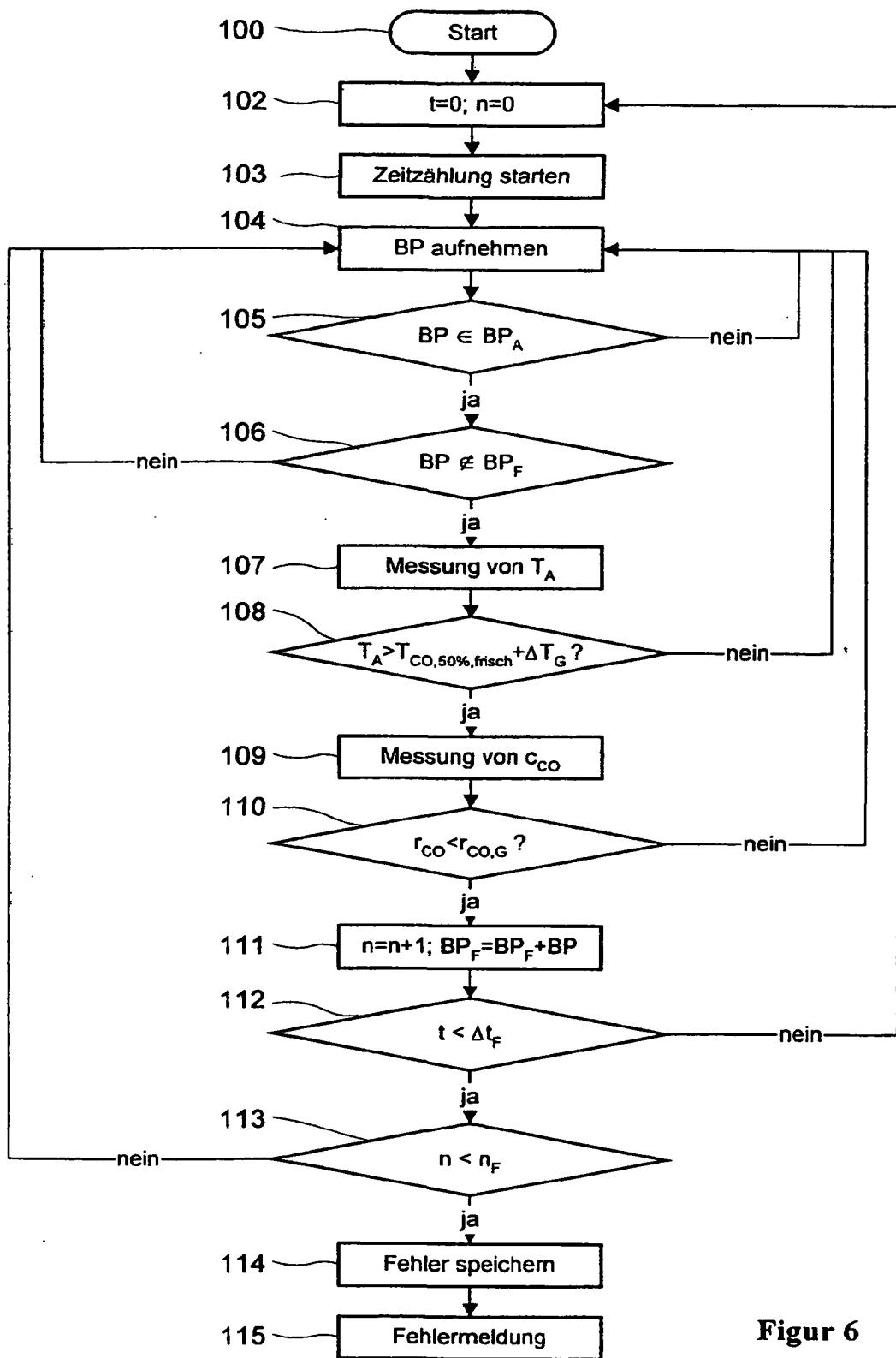


Figur 3



Figur 4

**Figur 5**



Figur 6